

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-213349

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月6日

(51) IntCl.⁶

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数31 OL (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-288999

(22) 出願日 平成10年(1998)10月12日

(31) 優先権主張番号 08/957699

(32) 優先日 1997年10月24日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ロバート・エドワード・フォンタナ・ジュ
ニア

アメリカ合衆国95120 カリフォルニア州
サンノゼ ノースリッジ・ドライブ 6596

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

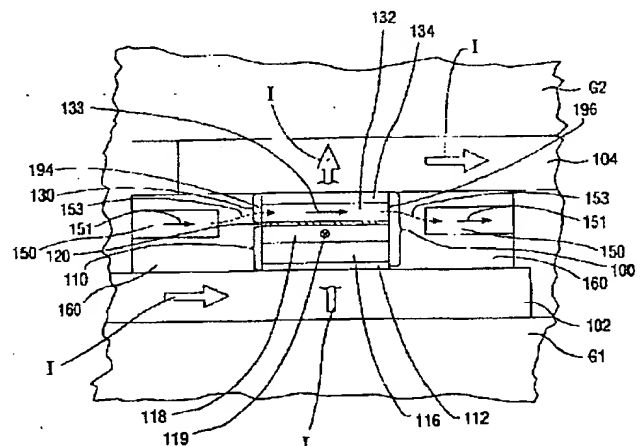
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁束ガイドとしての検知層を備える磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 検知面において露出したMTJ層の縁部を有することに伴う問題が生じない磁気記録システム用のMTJ MR読取りヘッドを提供する。

【解決手段】 磁気記録システム用の磁気トンネル接合MTJ磁気抵抗読取りヘッドが、磁束を磁気記録媒体からトンネル接合に向ける磁束ガイドとしても機能するMTJ検知または自由強磁性層132を有する。MTJ固定強磁性層118は、ヘッドの検知面から後退した前面縁部を有する。固定強磁性層と自由強磁性層は両方ともMTJトンネル障壁層120の相反する面に接触しているが、自由強磁性層は、トンネル障壁層と固定強磁性層のうちいずれか背面縁部が検知面に近い方の層の背面縁部を越えて延びている。固定強磁性層の磁化方向は、好ましくは反強磁性層との界面交換結合によって、検知面に対して、したがって磁気記録媒体に対してほぼ垂直の方向119に固定される。



に記載のヘッド。

【請求項29】前記第1および第2のリードに接続されたセンス回路をさらに含む、請求項20に記載のヘッド。

【請求項30】前記基板が第1の導電磁気遮蔽層であり、前記第1のリードが前記第1の遮蔽層上に形成され、前記第2のリード上に形成された第2の導電磁気遮蔽層をさらに含む、それによって前記第1の遮蔽層から前記第1のリードに至り、前記トンネル遮蔽層を通して前記第2のリードと前記第2の遮蔽層とに至る導電経路が形成される、請求項20に記載のヘッド。

【請求項31】前記ヘッドが磁気記録ディスクからデータを検知するタイプのヘッドであり、前記ヘッドによって前記ディスクからデータが読み取られるときに前記ディスクの表面に面する空気軸受面(ABS)と前記ABSに対してほぼ垂直の尾部端面とを有する空気軸受スライダをさらに含む、前記スライダ尾部端面がその上に第1の導電リードが形成される前記基板であり、前記スライダABSが前記ヘッドの検知面である、請求項20に記載のヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は一般にはトンネル接合(MTJ)素子に関し、詳細には磁気記録データを読み取るための磁気抵抗(MR)ヘッドとして使用するMTJ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】本出願は、「MAGNETIC TUNNEL JUNCTION MAGNETORESISTIVE READ HEAD WITH SENSING LAYER AS REAR FLUX GUIDE」という名称の同時米国特許出願第957787号(出願人整理番号:AM997137)および「SHIELDED MAGNETIC TUNNEL JUNCTION MAGNETORESISTIVE READ HEAD」という名称の米国特許出願第957788号(出願人整理番号:AM997149)と関連する。

【0003】磁気トンネル接合(MTJ)素子は、薄い絶縁トンネル障壁層によって分離された2つの強磁性層から成り、磁気分極電子トンネル現象に基づいている。強磁性層のうちの一方の層は、典型的には他方の強磁性層よりも飽和保磁力が高いために一方向により高い飽和磁界を有する。絶縁トンネル障壁層は、強磁性層間に量子力学トンネル現象が起こるのに十分な薄さである。トンネル現象は電子スピンの依存し、それによってMTJの磁気反応は2つの強磁性層の相対的な向きとスピン極性の関数になる。

【0004】MTJ素子は主として半導体メモリのメモリ・セルとして提案されてきた。MTJメモリ・セルの状態は、センス電流がMTJを垂直方向に一方の強磁性層から他方の強磁性層まで流れるときにMTJの抵抗を測定することによって判断される。絶縁トンネル障壁層

を横切る電荷キャリアのトンネル現象の確率は、2つの強磁性層の磁気モーメント(磁化方向)の相対的位置合わせに依存する。トンネル電流はスピン分極される。これは、強磁性層の1つ、たとえば磁気モーメントが固定しているかまたは回転が妨げられている層から流れる電流が、主に1つのスピン・タイプ(強磁性層の磁気モーメントの向きに応じてスピナップまたはスピンドウン)の電子から成ることを意味する。トンネル電流のスピン分極の程度は、強磁性層とトンネル障壁層との界面における強磁性層を含む磁性材料の電子バンド構造によって決まる。したがって、第1の強磁性層はスピン・フィルタの役割を果たす。電荷キャリアのトンネルの確率は、第2の強磁性層内の電流のスピン分極と同じスピン分極の電子状態の有効度に依存する。通常は、第2の強磁性層の磁気モーメントが第1の強磁性層の磁気モーメントと平行な場合の方が、第2の強磁性層の磁気モーメントが第1の強磁性層の磁気モーメントと逆平行になっている場合よりも有効電子状態が多い。したがって、電荷キャリアのトンネル確率は、両方の層の磁気モーメントが平行なときに最大であり、磁気モーメントが逆平行のときに最小である。モーメントを平行でも逆平行でもなく配置した場合、トンネル確率は中間値になる。したがって、MTJメモリ・セルの電気抵抗は両方の強磁性層における電流のスピン分極と電子状態とに依存する。その結果、磁化方向が固定していない強磁性層の2つの可能な磁化方向によって、メモリ・セルの2つの可能なビット状態(0または1)が規定される。

【0005】磁気抵抗(MR)センサは、検知素子によって検知される磁束の強度と方向の関数として、磁性材料で製作された検知素子の抵抗変化を通して磁界信号を検出する。磁気記録ディスク・ドライブ内のデータを読み取るMR読取りヘッドとして使用されるものなどの従来のMRセンサは、典型的にはパーマロイ(Ni₈₁Fe₁₉)であるバルク磁性材料の異方性磁気抵抗(AMR)効果に基づいて動作する。読取り素子抵抗の成分は、読取り素子の磁化方向と読取り素子を流れるセンス電流の方向との間の角度の余弦の平方として変化する。ディスク・ドライブ内のディスクなどの磁気媒体から記録データを読み取ることができるのは、記録磁気媒体からの外部磁界(信号磁界)によって読取り素子内の磁化の方向が変化し、それによって読取り素子の抵抗の変化と、それに対応する検知電流または電圧の変化が生じるためである。従来のMR読取りヘッドでは、MTJ素子とは異なり、センス電流は読取り素子の強磁性層に対して平行な方向である。

【0006】米国特許第5390061号に記載されているように、MTJ素子を磁気記録用の磁気抵抗読取りヘッドとして使用することも提案されている。このMTJ読取りヘッドでは、自由強磁性層とトンネル障壁層と固定強磁性層はすべて、ヘッドの検知面、すなわちMT

ヘッドから分離する第2の遮蔽層である、請求項14に記載のヘッド。

【請求項16】前記第1および第2のリードに接続されたセンス回路をさらに含む、請求項1に記載のヘッド。

【請求項17】前記基板が第1の導電磁気遮蔽層であり、前記第1のリードが前記第1の遮蔽層上に形成され、それによって前記第1の遮蔽層と前記第1のリードとの間に導電経路が形成される、請求項1に記載のヘッド。

【請求項18】前記第2のリード上に形成された第2の導電磁気遮蔽層をさらに含む、それによって前記第1の遮蔽層から前記第1のリードに至り、前記トンネル遮蔽層を通して前記第2のリードと前記第2の遮蔽層とに至る導電経路が形成される、請求項17に記載のヘッド。

【請求項19】前記ヘッドが磁気記録ディスクからデータを検知するタイプのヘッドであり、前記ヘッドによって前記ディスクからデータが読み取られるときに前記ディスクの表面に面する空気軸受面(ABS)と前記ABSに対してほぼ垂直の尾部端面とを有する空気軸受スライダをさらに含む、前記スライダ尾部端面がその上に第1の導電リードが形成される前記基板であり、前記スライダABSが前記ヘッドの検知面である、請求項1に記載のヘッド。

【請求項20】磁気的に記録されたデータを検知するときに媒体の表面に対してほぼ平行に位置合わせされるほぼ平坦な検知面を有し、センス回路に接続されているときに媒体上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合磁気抵抗読み取りヘッドであって、検知面の一部を形成する縁部を有する基板と、前記基板上に形成された第1の導電リードと、前記第1のリード上に形成され、前記検知面から後退した前面縁部と、前記前面縁部より前記検知面から遠くに配置された背面縁部とを有する固定強磁性層と、前記固定強磁性層と接触し、界面交換結合によって前記固定強磁性層の磁化方向を、前記媒体からの印加磁界が存在するときに回転が実施的に妨げられるように好ましい方向に沿って固定する、前記検知面から後退した前面縁部を有する反強磁性層と、前記検知面とほぼ同一平面上にある検知縁部と、背面縁部とを有し、検知強磁性層の磁化方向が、印加磁界がないときに前記強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直であって前記検知面に対してほぼ平行な方向に向けられ、前記媒体からの印加磁界が存在するときに自由に回転する検知強磁性層と、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間に前記固定磁性層と前記強磁性層と接触して配置され、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層とに対してほぼ垂直の方向のトンネル電流を可能にする、前記検知面から後退した前面縁部と前記検知面から前記前面縁部よりも遠くに配置された背面縁部とを有する絶縁トンネル障壁層と、

前記検知強磁性層上に形成された第2の導電リードとを含む、

前記検知強磁性層の前記背面縁部が、前記トンネル障壁層の前記背面縁部が前記固定強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置され、前記固定強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置される磁気トンネル接合磁気抵抗読み取りヘッド。

【請求項21】前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知強磁性層の前記前面縁部よりも広い、請求項20に記載のヘッド。

【請求項22】前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前面縁部がほぼ同一平面上にある、請求項20に記載のヘッド。

【請求項23】前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、請求項20に記載のヘッド。

【請求項24】前記トンネル障壁層の背面縁部と前記固定強磁性層の前記背面縁部とがほぼ同一平面上にあり、前記検知強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層および前記強磁性層の前記同一平面の背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置された、請求項20に記載のヘッド。

【請求項25】前記第1の導電リードが前記基板上に直接形成され、前記反強磁性層が前記第1の導電リードと前記固定強磁性層との間に配置され、前記固定強磁性層が前記反強磁性層上に直接、接触して形成された、請求項20に記載のヘッド。

【請求項26】印加磁界がないときに前記検知強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に長手方向バイアスするバイアス強磁性層と、

前記バイアス強磁性層と前記検知強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検知強磁性層から電気的に分離する電気絶縁層とをさらに含む、前記導電リードが前記絶縁層によって前記バイアス強磁性層から電気的に分離され、それによって前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間にセンス電流が通されるときにセンス電流が前記バイアス強磁性層内には通らずに前記トンネル障壁層をほぼ垂直に通る、請求項20に記載のヘッド。

【請求項27】前記読み取りヘッドが読み取り／書込み統合ヘッドの一部であり、前記読み取りヘッドが磁気的に遮蔽され、前記基板が前記読み取りヘッドの第1の遮蔽層である、請求項20に記載のヘッド。

【請求項28】前記第1の遮蔽層上に形成された電気絶縁ギャップ材料の層をさらに含む、前記第1の導電リードが前記ギャップ材料の層上に形成された、請求項27

【特許請求の範囲】

【請求項1】磁氣的に記録されたデータを検知するときに媒体の表面に対してほぼ平行に位置合わせされるほぼ平坦な検知面を有し、センス回路に接続されているときに媒体上に磁氣的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッドであって、検知面の一部を形成する縁部を有する基板と、前記基板上に形成された第1の導電リードと、前記第1のリード上に形成され、前記検知面から後退した前面縁部と、前記検知面から前記前面縁部より遠くに配置された背面縁部とを有し、固定強磁性層の磁化方向が前記媒体からの印加磁界が存在するときに回転が実質的に妨げられるように好ましい方向に沿って固定される固定強磁性層と、前記検知面とほぼ同一平面上にある検知縁部と、背面縁部とを有し、検知強磁性層の磁化方向が印加磁界がないときに前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に向けられ、前記媒体からの印加磁界が存在するときに自由に回転する検知強磁性層と、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間に前記固定磁性層と前記強磁性層と接触して配置され、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層とに対してほぼ垂直の方向のトンネル電流を可能にする、前面縁部と前記検知面から前記前面縁部よりも遠くに配置された背面縁部とを有する絶縁トンネル障壁層と、前記検知強磁性層上に形成された第2の導電リードとを含み、前記検知強磁性層の前記背面縁部が、前記トンネル障壁層の前記背面縁部が前記固定強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置され、前記固定強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置される、磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド。

【請求項2】前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知面から後退している、請求項1に記載のヘッド。

【請求項3】前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知強磁性層の前面縁部より広い、請求項2に記載のヘッド。

【請求項4】前記トンネル障壁層の前記前面縁部と前記固定強磁性層の前記前面縁部がほぼ同一平面上にある、請求項1に記載のヘッド。

【請求項5】前記トンネル障壁層の背面縁部と前記固定強磁性層の前記背面縁部とがほぼ同一平面上にあり、前記検知強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層および前記強磁性層の前記同一平面の背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置された、請求項1に記載のヘッド。

【請求項6】前記強磁性層と接触し、界面交換結合によ

って前記固定強磁性層の磁化方向を固定する、前記検知面から後退した前面縁部を有する反強磁性層をさらに含む、請求項1に記載のヘッド。

【請求項7】前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、請求項6に記載のヘッド。

【請求項8】前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、請求項7に記載のヘッド。

【請求項9】前記第1の導電リードが前記基板上に直接形成され、前記反強磁性層が前記導電リードと前記固定強磁性層との間に配置され、前記強磁性層が前記反強磁性層上に直接、接触して形成され、それによって前記固定強磁性層の磁化方向が前記反強磁性層との界面交換結合によって固定される、請求項6に記載のヘッド。

【請求項10】前記検知強磁性層の磁化方向が、前記印加磁界がないときに前記検知面に対してほぼ平行である、請求項1に記載のヘッド。

【請求項11】印加磁界がないときに前記検知強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に長手方向バイアスするバイアス強磁性層と、前記バイアス強磁性層と前記検知強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検知強磁性層から電氣的に分離する電気絶縁層とをさらに含み、前記導電リードが前記絶縁層によって前記バイアス強磁性層から電氣的に分離され、それによって前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間にセンス電流が通されるときにセンス電流が前記バイアス強磁性層内には通らずに前記トンネル障壁層をほぼ垂直に通る、請求項1に記載のヘッド。

【請求項12】前記読取りヘッドが読取り／書込み統合ヘッドの一部であり、前記読取りヘッドが前記書込みヘッドから遮蔽され、前記基板が前記読取りヘッドの第1の遮蔽層である、請求項1に記載のヘッド。

【請求項13】前記第1の遮蔽層上に形成された電気絶縁ギャップ材料の層をさらに含み、前記第1の導電リードが前記ギャップ材料の層上に形成された、請求項12に記載のヘッド。

【請求項14】第2の基板をさらに含み、前記第1のリードと前記検知強磁性層と前記トンネル障壁層と前記第2のリードとが前記第1の基板と前記第2の基板との間に配置された層のスタックを形成し、前記スタックと前記第1および第2の基板との間と、前記ヘッドの前記検知面と前記固定強磁性層の前記後退した前面縁部との間の領域内とに配置された絶縁材料をさらに含む、請求項1に記載のヘッド。

【請求項15】前記読取りヘッドが読取り／書込み統合ヘッドの一部であり、前記読取りヘッドが磁氣的に遮蔽され、前記第2の基板が前記読取りヘッドを前記書込み

Jヘッドを磁気記録ディスク・ドライブで使用した場合の空気軸受（空気ベアリング）スライダの空気軸受面（ABS）において、露出した縁部を有する。MTJヘッドをラッピングしてABSを形成すると、ABSにおいて自由強磁性層と固定強磁性層から材料がスミアし、トンネル障壁層両端間で短絡する可能性があることが発見されている。さらに、固定強磁性層の磁気モーメントを固定するために使用される多くの反強磁性体はマンガン（Mn）を含み、それによってABSラッピング・プロセス中に腐食を起こす可能性がある。トンネル障壁層は一般には酸化アルミニウムで形成され、これもABSラッピング・プロセス中に腐食を起こす可能性がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】検知面において露出したMTJ層の縁部を有することに伴う問題が生じない磁気記録システム用のMTJ MR読取りヘッドが必要である。本発明の目的はかかる問題が生じない磁気記録システム用のMTJ MR読取りヘッドを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、磁束を磁気記録媒体からトンネル接合部に向ける自由強磁性層が背面磁束ガイドとしても機能する磁気記録システム用のMTJ MR読取りヘッドである。磁気記録ディスク・ドライブの実施形態では、固定強磁性層はその前面縁部がABSから後退しており、自由強磁性層の検知端部はABSにおいて露出している。トンネル障壁層の前面縁部もABSから後退させることができる。固定強磁性層と自由強磁性層の両方が、トンネル障壁層の相反する面に接触しているが、自由強磁性層はトンネル障壁層または固定強磁性層のうちいずれか背面縁部が検知面に近い方の層の背面縁部を越えて延びている。これによって、トンネル接合領域で磁束が非ゼロになるように保証される。固定強磁性層の磁化方向は、ABSに対して、したがってディスク表面に対してほぼ垂直の方向に、好ましくは反強磁性層との界面交換結合によって、固定されている。自由強磁性層の磁化方向は、印加磁界がないときにはABSの表面に対してほぼ平行の方向に整列され、磁気記録ディスクからの印加磁界があるときには自由に回転する。自由強磁性層の側部に隣接する高飽和保磁力の硬磁性材料の層が、自由強磁性層の磁化を好ましい方向に長手バイアスさせる。

【0009】このMTJ MR読取りヘッドは、MTJ MR読取りヘッドの両側に導電磁気遮蔽層が配置された統合型読取り／書込みヘッド構造体の一部として形成することができる。2つの遮蔽層上に検知回路の電気リードが形成され、それによって遮蔽層からリードを介してトンネル接合部の固定強磁性層と自由強磁性層に至る電気経路が設けられるようにする。

【0010】

【発明の実施の形態】最初に図1を参照すると、MRセンサを使用するタイプの従来技術のディスク・ドライブの略断面図が図示されている。このディスク・ドライブは、ディスク・ドライブ・モータ12とアクチュエータ14が取り付けられた基部10と、カバー11とを含む。基部10とカバー11は、ディスク・ドライブを実質的に密閉するハウジングを形成する。典型的には、基部10とカバー11との間に配置されたガスケット13と、ディスク・ドライブの内部と外部環境との間の圧力を等しくするための小さな通気ポート（図示せず）がある。磁気記録ディスク16はハブを使用してドライブ・モータ12に接続され、ドライブ・モータ12によって回転するようにハブ18に装着されている。ディスク16の表面上には薄い潤滑膜50が保持されている。空気軸受スライダ20などの担体の終端に読取り／書込みヘッドまたは変換器25が形成されている。変換器25は、図3に関して後述するように誘導書込みヘッド部とMR読取りヘッド部とを含む読取り／書込みヘッドである。スライダ20は、剛性アーム22とサスペンション機構24を使用してアクチュエータ14に接続されている。サスペンション機構24は、スライダ20を記録ディスク16の表面上まで駆動するバイアス力を供給する。ディスク・ドライブの動作中、ドライブ・モータ12がディスク16を一定の速度で回転させ、典型的にはリニアまたはロータリ・ボイス・コイル・モータ（VCM）であるアクチュエータ14がスライダ20をディスク16の表面を横切ってほぼ半径方向に移動させ、それによって読取り／書込みヘッド25がディスク16上の異なるデータ・トラックにアクセスすることができるようにする。

【0011】図2は、カバー11を取り外した状態のディスク・ドライブの内部を示す上面図であり、スライダ20をディスク16に向かって駆動する力をスライダ20に供給するサスペンション機構24をより詳細に示す図である。サスペンション機構は、IBMの米国特許第4167765号に記載の周知のワトラウス・サスペンション機構などの従来のタイプのサスペンション機構とすることができる。このタイプのサスペンション機構は、スライダが空気軸受上に乗ったときにスライダが縦と横に揺れることができるようにするスライダのジンバル装着機構も備える。変換器25によってディスク16から検出されたデータは、アーム22上に配置された集積回路チップ15内の信号増幅および処理回路によってデータ・リードバック信号に加工される。変換器25からの信号はフレキシブル・ケーブル17を介してチップ15に伝達され、チップ15はその出力信号をケーブル19を介してディスク・ドライブ電子回路（図示せず）に送る。

【0012】図3は、MR読取りヘッド部と誘導書込みヘッド部とを含む統合型読取り／書込みヘッド25の略

断面図である。ヘッド25は空気軸受面(ABS)を形成するように重ねられ、ABSは前述のように空気軸受によって回転ディスク16(図1)の表面から間隔をあけて配置される。読取りヘッドは、第1のギャップ層G1と第2のギャップ層G2との間に挟まれたMRセンサ40を含む。ギャップ層は、さらに第1の磁気遮蔽層S1と第2の遮蔽層S2との間に挟まれている。従来のディスク・ドライブでは、MRセンサ40はAMRセンサである。書き込みヘッドは、コイル層Cと絶縁層12とを含み、この2つの層は絶縁層11と13の間に挟まれ、絶縁層はさらに第1の磁極片P1と第2の磁極片P2の間に挟まれている。磁気ギャップを設けるために、ABSに隣接する磁極端において第1の磁極片P1と第2の磁極片P2の間にギャップ層G3が挟まれている。書き込み中は、信号電流がコイル層Cを通して伝導され、第1および第2の磁極層P1、P2に磁束が誘導され、それによって磁束がABSにおいて磁極端間でフリンジする。書き込み操作中に、この磁束が回転ディスク16上の環状トラックを磁化する。読取り操作中に、回転ディスク16上の磁化領域が磁束を読取りヘッドのMRセンサ40に注入し、それによってMRセンサ40内の抵抗を変化させる。これらの抵抗変化が、MRセンサ40両端間の電圧変化を検出することによって検出される。電圧変化はチップ15(図2)とドライブ電子回路によって処理され、ユーザ・データに変換される。図3に示す複合ヘッド25は、読取りヘッドの第2の遮蔽層S2が書き込みヘッドの第1の磁極片P1として使用される「マジ」ヘッドである。ピギーバック・ヘッド(図示せず)では、第2の遮蔽層S2と第1の磁極片P1は別々の層である。

【0013】以上のAMR読取りヘッドを備えた典型的な磁気記録ディスク・ドライブの説明と添付図面の図1ないし図3は代表例に過ぎない。ディスク・ドライブは、多数のディスクとアクチュエータを含むことができ、各アクチュエータがいくつかのスライダをサポートすることができる。さらに、空気軸受スライダの代わりに、ヘッド・キャリヤは、液体軸受やその他の接触および近接触記録ディスク・ドライブなど、ヘッドをディスクと接触または近接触させた状態に維持するものとすることもできる。

【0014】本発明は、図3の読取り／書き込みヘッド25におけるMRセンサ40の代わりに使用するMTJセンサを備えたMR読取りヘッドである。

【0015】図4は、図3の線42として図示されている縁を持つ平面で切り取った場合に現れる本発明のMTJ MR読取りヘッドの断面図であり、ディスク面から見た図である。したがって、図4の紙面はABSと平行で、MTJ MR読取りヘッドのアクティブ検知領域すなわちトンネル接合部をほぼ通る面であり、ヘッドを構成する層が現れている。

【0016】図4を参照すると、このMTJ MR読取りヘッドはギャップ層G1基板上に形成された電気リード102と、ギャップ層G2の下にある電気リード104と、電気リード102、104間の層のスタックとして形成されたMTJ100とを含む。

【0017】MTJ100は、第1の電極多層スタック110と、絶縁トンネル障壁層120と、上部電極スタック130とを含む。これらの各電極は、トンネル障壁層120と直接接触した強磁性層、すなわち強磁性層118および132を含む。

【0018】電気リード102上に形成されたベース電極層スタック110は、リード102上のシード層または「テンプレート」層112と、テンプレート層112上の反強磁性材料の層116と、下の反強磁性層116上に形成されて反強磁性層116と交換結合している「固定(fixed)」強磁性層118とを含む。強磁性層118の磁気モーメントまたは磁化方向は所望の対象範囲に磁界が印加されているときに回転しないようになっているため、強磁性層118を固定層と呼ぶ。上部電極スタック130は、「自由(free)」または「検知(sensing)」強磁性層132と、検知層132上に形成された保護層またはキャップ層134を含む。検知強磁性層132は、反強磁性層に交換結合されておらず、したがってその磁化方向は対象範囲に印加磁界があるときに自由に回転することができる。検知強磁性層132は、印加磁界があるときにその磁気モーメントまたは磁化方向(矢印133で図示されている)がABS(このABSは図4の紙面に対して平行な面である)に対してほぼ平行であって、固定強磁性層118の磁化方向に対してほぼ垂直な向きになるように製作されている。トンネル障壁層120のすぐ下にある電極スタック110内の固定強磁性層118の磁化方向は、直下の反強磁性層116との界面交換結合によって固定されている。反強磁性層116は下部電極スタック110の一部を形成している。固定強磁性層118の磁化方向は、ABSに対してほぼ垂直の向き、すなわち、(矢尾部印119によって図示されているように)図4の紙面に入入りする向きになっている。

【0019】図4には、検知強磁性層132の磁化を長手方向にバイアスさせるバイアス強磁性層150と、バイアス層150を検知強磁性層132およびMTJ100のその他の層から分離し、絶縁する絶縁層160も図示されている。バイアス強磁性層150は、印加磁界がないときに磁気モーメント(矢印151で図示されている)が検知強磁性層132の磁化モーメント133と同じ方向に揃えられる、CoPtCr合金などの硬磁性材料である。絶縁層160は、アルミナ(Al_2O_3)またはシリカ(SiO_2)であることが好ましく、バイアス強磁性層150をMTJ100および電気リード102、104から電氣的に分離するのに十分な厚さではあ

るが、検知強磁性層132と静磁気結合(破線矢印153で図示されている)することができるだけの薄さである。安定した長手バイアスになることを保証するために、バイアス強磁性層150の積 $M \cdot t$ (ただし M は強磁性層内の材料の単位面積当たりの磁気モーメントであり、 t は強磁性層の厚さである)は、検知強磁性層132の $M \cdot t$ 以上でなければならない。検知強磁性層132で一般的に使用される $Ni_{(100-x)}Fe_x$ の磁気モーメント(x は約19)は、 $Co_{75}Pt_{13}Cr_{12}$ などのバイアス強磁性層150に適合する典型的な硬磁性材料の磁気モーメントの約2倍であるため、バイアス強磁性層150の厚さは検知強磁性層132の少なくとも約2倍でなければならない。

【0020】センス電流 I が、第1の電気リード102から反強磁性層116、固定強磁性層118、トンネル障壁層120、および検知強磁性層132を垂直方向に通じ、第2の電気リード104から出るように向けられる。前述のように、トンネル障壁層120を通るトンネル電流の量は、トンネル障壁層120に隣接して接触している固定強磁性層118と検知強磁性層132の磁化の相対的な向きに反比例する関数である。記録データからの磁界によって、検知強磁性層132の磁化方向が回転して方向133、すなわち図4の紙面に出入りする方向から逸れる。これによって、強磁性層118、132の磁気モーメントの相対的な向きが変化し、したがってトンネル電流の量が変化し、それがMTJ100の電気抵抗の変化として反映される。この抵抗の変化はディスク・ドライブの電子回路によって検出され、ディスクからリード・バックされたデータに加工される。センス電流は電気絶縁層160によってバイアス強磁性層150に達しないように妨げられる。絶縁層160はバイアス強磁性層150も電気リード102、104から絶縁する。

【0021】MTJ100(図4)の代表的な1組の材料について以下に説明する。MTJ100の層はすべて、基板の表面に対して平行に印加された磁界がある状態で成長させる。この磁界はすべての強磁性層の容易軸を配向する役割を果たす。まず、電気リード102として機能する10~50nmのAu層の上に5nmのTaシード層(図示せず)を形成する。シード層は、面心立方(fcc)Ni₈₁Fe₁₉テンプレート層112の(111)成長を促進する材料から成る。テンプレート強磁性層112は、反強磁性層116の成長を促進する。適合するシード層材料としては、Cuなどのfcc材料、Ta、または3~5nmのTa/3~5nmのCuなどの層の組合せなどがある。MTJベース電極スタック110は、10~20nmのAu層102上のTaシード層上に成長させた、4nmのNi₈₁Fe₁₉/10nmのFe₅₀Mn₅₀/8nmのNi₈₁Fe₁₉(それぞれ層112、116、118)を含む。Auリード層102を基板の役割を果たすアルミナ・ギャップ材料G1上に形成

する。次に、0.5~2nmのAl層を付着させ、次にプラズマ酸化することによってトンネル障壁層120を形成する。これによって、Al₂O₃絶縁トンネル障壁層120が形成される。上部電極スタック130は5nmのNi-Fe/10nmのTaのスタック(それぞれ層132、134)である。Ta層134は保護キャップ層の役割を果たす。上部電極スタック130に、電気リード104として機能する20nmのAu層を接触させる。

【0022】電流はMTJ100内の層を垂直方向に流れるため、MTJ素子の抵抗は主としてトンネル障壁層120の抵抗によって支配されることに留意されたい。したがって、導電リード102、104の単位面積当たりの抵抗は、電流が層に平行して流れる従来のMR読取りヘッドにおけるよりもはるかに高くなり得る。したがって、リード102、104は、従来のMRヘッド構造におけるよりも薄くすることも細くすることもでき、合金または元素の結合などの本質的により抵抗の高い材料で作ることができる。

【0023】下部電極スタック110は平滑であり、Al₂O₃トンネル障壁層120は接合部を電氣的に短絡させるピンホールがないことが重要である。たとえば、金属多層スタックにおいて良好な強力磁気抵抗効果を生じさせることが知られているスパッタリング技法による成長が十分である。

【0024】代替検知強磁性層132は、検知強磁性層132とトンネル障壁層120との間の界面にある薄いCoまたはCo_(100-x)Fe_(x)またはNi_(100-x)Fe_(x)(x は約60)から成り、層132のバルクはNi_(100-x)Fe_(x)(x は約19である)などの低磁気ひずみ材料である。薄いCoまたはCo_(100-x)Fe_(x)またはNi_(100-x)Fe_(x)(x は約60)界面層を有するこのタイプの検知層の正味磁気ひずみは、層132のバルクの組成のわずかな変更によりゼロに近い値を有するように調整される。代替固定強磁性層118は主として、トンネル障壁層120との界面にあるCoまたはCo_(100-x)Fe_(x)またはNi_(100-x)Fe_(x)(x は約60)の薄い層を有するバルクNi_(100-x)Fe_(x)層から成る。最大信号は、Coによって、または最大分極Ni_(100-x)Fe_(x)(x は約60)またはCo_(100-x)Fe_(x)合金(x は約70)によって得られる。界面層の厚さは約1~2nmが最適である。この複合層の正味磁気ひずみは組成のわずかな変更によってゼロに近くなるように調整される。層118のバルクがNi-Feである場合、組成はNi₈₁Fe₁₉であり、バルクNi-Feがゼロひずみを有する組成である。

【0025】Fe-Mn反強磁性層116は、固定層118における強磁性材料を交換バイアスし、Al₂O₃障壁層120よりも抵抗がかなり小さい、Ni-Mn層またはその他の適合する反強磁性層に置き換えることがで

きる。さらに、好ましい実施形態では、固定強磁性層は反強磁性層との界面交換結合によって固定される磁気モーメントを有するが、固定強磁性層を磁氣的に「硬い」高飽和保磁力材料で形成し、それによって反強磁性層を不要にすることもできる。このようにして硬い固定強磁性層を、Co-Pt-Cr合金、Co-Cr-Ta合金、Co-Cr合金、Co-Sm合金、Co-Re合金、Co-Ru合金、Co-Ni-X合金（X=Pt、Pd、またはCr）などCoと1つまたはその他の元素との合金および、Co-Ni-Cr-PtやCo-Pt-Cr-Bなどの様々な四元合金など様々な強磁性材料で形成することができる。

【0026】本明細書に記載し、図4に図示するMTJ素子はMTJ100の下部に固定強磁性層を有するが、この素子は先に検知強磁性層を付着させ、その後でトンネル障壁層、固定強磁性層、および反強磁性層を付着させることによって形成することもできる。そのようなMTJ素子は、図4に示すMTJ100を本質的に逆転させた層を有することになる。

【0027】次に図5を参照すると、本発明の埋込みMTJ MRヘッドの図4の図に対して垂直な断面であって検知面200またはABSが右側にある図が図示されている。説明を簡単にするために、バイアス強磁性層150は図示されておらず、MTJ100には強磁性層、反強磁性層と、トンネル障壁層のみが図示されている。検知強磁性層132は、検知面200またはABSおよび背面縁部203とほぼ同一平面にある検知縁部202を有する。固定強磁性層118は、検知面200から後退した前面縁部206と背面縁部208を有する。反強磁性層116は固定強磁性層118の縁部と接する縁部を有する。トンネル障壁層120も、検知面200から後退しており固定強磁性層118の前面縁部206と基本的に同一平面にある前面縁部210と、背面縁部212とを有する。G1ギャップ層上にリード102が形成され、G2ギャップ層がリード104を磁気遮蔽層S2から分離している。G1およびG2、縁部202、206と検知面200との間の領域は電氣的絶縁材料であり、アルミナであることが好ましい。検知面200またはABSは、ディスクとの接触中にヘッドを保護するために当技術分野で周知のようにその上に形成されたアモルファス・ダイヤモンド様炭素の薄い層などの保護被覆を有する。

【0028】磁束ガイドを使用して磁気信号をアクティブ検知領域に向ける、図5に示すMTJ MR読取りヘッドのような埋込みMRセンサは、入射磁束がアクティブ検知領域に達する前に磁気遮蔽層に漏れるため、感度が低下する。この漏れは遮蔽層間ギャップ幅 g と、本発明の磁束ガイドとしても機能する自由強磁性層の透磁性 μ および厚さ t によって決まる。磁束は、 $(\mu t g / 2)^{0.5}$ の特性長で減衰する。5 Gビット/ in^2 センサ

の典型的なパラメータは、 $g = 200 \text{ nm}$ 、 $t = 5 \text{ nm}$ 、および $\mu = 1000$ である。その結果、0.7マイクロメートルの減衰長になる。アクティブ検知領域がABSから0.35マイクロメートル後退しているセンサの場合、アクティブ検知領域で得られるのは入射磁束の約60%である。したがって、MTJセンサの典型的な $\Delta R/R$ の値である20%は本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドでは約12%に減少する。

【0029】図5に示す好ましい実施形態では、自由強磁性層132とリード104のみがABS200で露出している。ABS200から後退するようになっている固定強磁性層118の前面端部206の場所によって、ABS200でヘッドをラッピングしたときに生じる可能性があるMTJセンサの短絡が防止される。さらに、固定強磁性層118の磁気モーメントをピン止めするために使用することができるトンネル障壁酸化物層120と反強磁性層116もABS200から後退しているため、これらの層は露出されず、したがって腐食する可能性が低い。

【0030】磁束ガイドとしての自由強磁性層132を有する埋込みMTJ MRヘッドの他の利点は、MTJ MRヘッドのアクティブ検知領域であるトンネル接合部を、ABSに配置した場合よりも大きくすることができることである。これは、自由強磁性層132磁束ガイドの幅をABSに向かって先細にして、ABSにおける幅がトンネル障壁層210と接する領域における幅よりも狭くなるようにすることができるためである。したがって、トンネル接合部（トンネル障壁層210の幅）をABSにおける自由強磁性層の幅よりも広くすることができ、それによってトンネル接合部は面積が広いために電気抵抗を小さくすることができる。MTJ素子の場合、電流がトンネル接合部に対して垂直方向に流れるため、抵抗はトンネル接合部の面積に反比例して変化する。信号対雑音比を向上させるために、抵抗は低いほうがよい。

【0031】図5に示す好ましい実施形態では、自由強磁性層磁束ガイド132は、トンネル接合部の背面縁部、すなわち固定強磁性層118とトンネル障壁層120のそれぞれの背面縁部208および212を越えて位置する背面縁部203を有する。磁束ガイドを固定強磁性層背面縁部208およびトンネル障壁層背面縁部212を越えて延在させることは、遮蔽磁束ガイド内を伝播する磁束がガイドの背面縁部でゼロに減衰するため有利である。したがって、自由強磁性層132の背面縁部203が固定強磁性層118およびトンネル障壁層120のそれぞれの背面縁部208、212を越えて延びている本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドでは、トンネル障壁層120および固定強磁性層118の背面縁部における磁束は有限の値を有する。したがって、アクティブ検知領域、すなわちトンネル接合領域における自由

強磁性層内の平均磁束は、自由強磁性層の背面縁部が固定強磁性層およびトンネル障壁層の背面縁部と同一空間にある場合よりも大きくなる。これによって、アクティブ検知領域を越える地点で磁束がゼロに減衰するため、アクティブ検知領域における信号が大きくなる。電流はトンネル接合部に対して垂直、したがってトンネル接合部の一部を形成する磁束ガイドの部分に対して垂直の方向に流れるため、トンネル接合部を越えて延びる自由強磁性層の部分によって分流される電流はない。図5の好ましい実施形態ではトンネル障壁層210と固定強磁性層118のそれぞれの背面縁部212、208は同一平面上にあるが、自由強磁性層132の背面縁部203が、背面縁部212、208のいずれか検知面200に近い方の背面縁部よりも検知面200から離れている場合には、その必要はない。これは、トンネル障壁層210に対して垂直な電流の流れが、背面縁部212、208のいずれか検知面200に近い方の縁部によって規定されるためである。したがって、トンネル障壁層210の背面縁部212が固定強磁性層118の背面縁部208よりも検知面200に近い場合、検知強磁性層132の背面縁部203を背面縁部212よりも遠くに配置する。同様に、固定強磁性層118の背面縁部208がトンネル障壁層210の背面縁部212よりも検知面200に近い場合、検知強磁性層132の背面縁部203を背面縁部208よりも遠くに配置する。

【0032】図5に関して図示して説明した好ましい実施形態では、トンネル障壁層120の前面端部は後退し、好ましくは固定強磁性層118の前面縁部と同一平面上にあるが、本発明ではトンネル障壁層の前面縁部をABSにおいて露出させ、自由強磁性層の前面縁部と本質的に同一平面にすることも可能である。また、第1のリード102は反強磁性層116および固定強磁性層118の背面縁部を越えて延びる背面縁部を有するように図示されているが、第1のリードはこれらの層とほぼ同一平面上にある背面縁部を有することもできる。

【0033】代替実施形態では、その上に第1のリード102を形成する基板は第1の磁気遮蔽層S1であり、第2の磁気遮蔽層S2は第2のリード104上に形成される。遮蔽層S1およびS2はNi-Fe合金またはNi-Fe-Co合金で形成され、導電性である。したがって、この実施形態では、遮蔽層S1を通して第1のリード102に至り、トンネル接合を垂直方向に通って第2のリード104と第2の遮蔽層S2に至る導電経路が設けられる。この実施形態では、絶縁ギャップ層G1、G2が不要になるが、図5に示すようにトンネル接合部の背面の絶縁材料は必要である。

【0034】埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作方法

図6ないし図19を参照しながら、埋込みMTJ MR読取りヘッドの形成プロセスについて説明する。2つの

リソグラフィ・パターン描画ステップが必要である。1つのステップでは後退固定強磁性層118を画定し、もう1つのステップでは自由強磁性層132を画定する。図5に示すように、MTJ MR読取りヘッドを典型的にはアルミナG1層である絶縁体の層上に製作するが、下部磁気遮蔽層S1上に直接製作することもできる。

【0035】図6に示すようにこのプロセスは、リード層102、反強磁性層116、固定強磁性層118、および最終的に酸化させてトンネル障壁層120を形成することになるアルミニウムなどの材料を付着させることによって開始する。リード材料は、100~500Åの典型的な厚さを有するTa、Al、Cu、Au、W、Ptなど様々な導電材料とすることができる。反強磁性層116は、Fe-Mn、Ni-Mn、Pt-Mn、Ir-Mn、Pd-Mnなど、様々な周知の材料から選択することができる。反強磁性層116の典型的な厚さは、70~300Åの範囲である。固定強磁性層118は、Ni-Fe合金か、またはNi-Fe合金とCoの薄膜の二層構造であることが好ましい。Ni-Fe合金層の典型的な厚さは20~100Åである、Co層の典型的な厚さは2~20Åである。トンネル障壁酸化層120のアルミニウムの厚さは典型的には5~20Åである。

【0036】通常はイオン・ビーム付着か、高周波または直流マグネトロン・スパッタリングによって、これらの層を付着させた後、レジスト230を使用してこれらの層をパターン描画して図7に示す所望の形状を画定する。図7は図6の上面図である。次に、図8に示すように、レジスト230によって保護されていない材料をイオン・ミリングによって除去する。これでG1層上にリード層102、反強磁性層116、固定強磁性層118、およびトンネル障壁層が図9に示す形状で形成される。レジスト層230は典型的にはアンダカットを有する二層レジストである。図8のイオン・ミリング・ステップの後、典型的にはアルミナまたはSiO₂である絶縁体の層232をイオン・ビームまたは高周波スパッタリングによって付着させてパターンの縁部を密閉し、その後、レジスト層230をリフトオフして図10ないし図11に示す構造を形成する。この第1のリソグラフィ・パターン描画ステップで画定される重要なフィーチャは2つある。第1に、固定強磁性層118の「高さ」、すなわち前面縁部206と背面縁部208との間の距離を形成する。第2に、固定強磁性層118の前面縁部206、すなわちABSに最も近い縁部を基準点として設定する。後の製作プロセスで、素子をラッピングしてABSを形成するときに、この基準縁部206を使用してABSからの後退距離を最終的に設定する。

【0037】図10ないし図11の構造体をパターン描画して形成した後、トンネル障壁層120になるアルミニウムを100mトルの酸素圧力と25W/cm²の出

力密度で30～240秒間プラズマ酸化する。これによってアルミナの絶縁トンネル障壁層120が形成される。

【0038】次に、図12ないし図13に示すように、自由強磁性層132とリード層104を付着させる。自由強磁性層132は典型的にはNi-Fe合金またはCoとNi-Fe合金との二層構造であり、厚さはNi-Fe合金は10～200Å、Coは2～20Åである。リード104はリード102について説明したのと同様の材料および厚さで形成する。

【0039】イオン・ビーム付着が高周波または直流マグネトロン・スパッタリングによって層132、104を付着させた後、レジスト240を使用して自由強磁性層132とリード層104をパターン描画して図14ないし図15に示すような所望の形状を画定する。レジスト層240は典型的にはアンダカットを有する二層レジストである。次に、図16ないし図17に示すように、レジスト240によって保護されていない材料をイオン・ミリングによって除去する。図16のイオン・ミリング・ステップの後、典型的にはアルミナまたはSiO₂である絶縁体の層242をイオン・ビームまたは高周波スパッタリングによって付着させてパターン縁部を密閉し、その後、レジスト層240をリフトオフして図18ないし図19に示す構造を形成する。この第2のリソグラフィ・パターン描画で画定される重要なフィーチャは、自由強磁性層132の幅、すなわちABSで露出されることになる幅wである。このステップでは、自由強磁性層132がABSからトンネル障壁層120の前面縁部210と背面縁部212の上に延び、背面縁部212を越えて終わるように、背面縁部203も画定する。前述のように、これは、トンネル障壁層120と固定強磁性層118の背面縁部と前面縁部とによって画定されたアクティブ・トンネル接合領域全面に磁束が効率的に伝播するのを助ける。

【0040】上述のプロセスは、図4に示すバイアス強磁性層150に関して前述したように、磁束ガイドの役割も果たす自由強磁性層132に長手バイアスまたは安定化を施すように調整することもできる。具体的には、図16ないし図19に示すステップを修正して、アルミナ層242を付着させてからレジスト240をリフトオフする代わりに、アルミナ、硬バイアス強磁性材料、および追加のアルミナの付着を順次に行ってから、リフトオフを行うようにする。その結果形成される構造を、検知面200の図である図20に示す。図20には、検知面200でそれぞれの前面縁部を露出させた検知強磁性層132と第2のリード104が図示されている。バイアス強磁性層150の露出縁部も図示されている。硬バイアス強磁性層150と検知強磁性層132との間の領域、第1のリード102（検知面200から後退しているため破線で図示されている）、および第2のリード1

04をアルミナなどの絶縁材料で形成する。アルミナの典型的な厚さは100～500Åの範囲であり、硬バイアス強磁性材料は通常、自由強磁性層132のモーメントの1～3倍になるように調整された厚さを有するCo-Pt合金である。第1のアルミナ絶縁体は検知強磁性体形状の縁部を被い、第2のアルミナ絶縁体は硬バイアス強磁性材料の上面を被う。リフトオフの後、最終パターン描画ステップを用いて硬バイアス強磁性材料の不要な領域を除去する。

【0041】リード、自由および固定強磁性層、トンネル酸化物層、および反強磁性層の合計した厚さは、遮蔽層S1とS2の間の合計分離距離によって制限される。5Gビット/in²のセンサの場合、この数値は1000～2000Åの範囲である。自由強磁性層132が2つの遮蔽層間のこのギャップの中心にくるようにすれば有利である。これは、リード104、102の厚さの比を調整することによって実現することができる。

【0042】リード104と自由強磁性層132をパターン描画し、MTJ MRヘッド構造体がABS200を形成するラッピング・ステップを除いて基本的に完成した後、固定強磁性層118の磁化方向（磁気モーメント）を適切な方向に合わせる必要がある。固定強磁性層118と交換結合する反強磁性層116としてFe-Mnを使用した場合、付着させたときには反強磁性である。しかし、固定強磁性層118を適切な向きに交換結合することができるようにその磁化の方向を調整し直さなければならない。この構造体を、アニール炉に入れ、温度をFe-Mnのブロッキング温度よりも高い約180℃に上昇させる。この温度で、Fe-Mn層はもはや固定強磁性層118との交換異方性を生じさせなくなる。磁界内で層116、118の対を冷却させることによって強磁性層118の交換異方性を生じさせる。固定強磁性層118の磁化の向きは、印加磁界の方向に沿った方向になる。したがってアニール炉内の印加磁界によって、固定強磁性層118のモーメントは図4の矢印119で示すようにABSに対して垂直の必要な方向に固定される。これは、印加磁界によって必要な方向に磁化された強磁性層118が存在する状態でFe-Mn層を冷却した結果である。したがって、Fe-Mnのブロッキング温度より低い温度で、記録媒体からの印加磁界が存在するときに、固定強磁性層118の磁化は実質的に回転しない。

【0043】図5に示す好ましい実施形態にはいくつかの代替案が考えられる。第一に、トンネル障壁層120の前面縁部210は後退させる必要はなく、ABSに配置し、自由強磁性層132の検知縁部202と同一平面にすることができる。第二に、製作プロセス中に、リード104と自由強磁性層132を最初にG1基板上に形成し、固定強磁性層118、反強磁性層116、およびリード102をMTJの「最上部」に形成することがで

きる。

【0044】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0045】(1) 磁気的に記録されたデータを検知するときに媒体の表面に対してほぼ平行に位置合わせされるほぼ平坦な検知面を有し、センス回路に接続されているときに媒体上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッドであって、検知面の一部を形成する縁部を有する基板と、前記基板上に形成された第1の導電リードと、前記第1のリード上に形成され、前記検知面から後退した前面縁部と、前記検知面から前記前面縁部より遠くに配置された背面縁部とを有し、固定強磁性層の磁化方向が前記媒体からの印加磁界が存在するときに回転が実質的に妨げられるように好ましい方向に沿って固定される固定強磁性層と、前記検知面とほぼ同一平面上にある検知縁部と、背面縁部とを有し、検知強磁性層の磁化方向が印加磁界がないときに前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に向けられ、前記媒体からの印加磁界が存在するときに自由に回転する検知強磁性層と、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間に前記固定磁性層と前記強磁性層と接触して配置され、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層とに対してほぼ垂直の方向のトンネル電流を可能にする、前面縁部と前記検知面から前記前面縁部よりも遠くに配置された背面縁部とを有する絶縁トンネル障壁層と、前記検知強磁性層上に形成された第2の導電リードとを含み、前記検知強磁性層の前記背面縁部が、前記トンネル障壁層の前記背面縁部が前記固定強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置され、前記固定強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置される、磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド。

(2) 前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知面から後退している、上記(1)に記載のヘッド。

(3) 前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知強磁性層の前面縁部より広い、上記(2)に記載のヘッド。

(4) 前記トンネル障壁層の前記前面縁部と前記固定強磁性層の前記前面縁部がほぼ同一平面上にある、上記(1)に記載のヘッド。

(5) 前記トンネル障壁層の背面縁部と前記固定強磁性層の前記背面縁部とがほぼ同一平面上にあり、前記検知強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層および前記強磁性層の前記同一平面の背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置された、上記(1)に記載のヘッド。

(6) 前記強磁性層と接触し、界面交換結合によって前記固定強磁性層の磁化方向を固定する、前記検知面から後退した前面縁部を有する反強磁性層をさらに含む、上

記(1)に記載のヘッド。

(7) 前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、上記(6)に記載のヘッド。

(8) 前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、上記(7)に記載のヘッド。

(9) 前記第1の導電リードが前記基板上に直接形成され、前記反強磁性層が前記導電リードと前記固定強磁性層との間に配置され、前記強磁性層が前記反強磁性層上に直接、接触して形成され、それによって前記固定強磁性層の磁化方向が前記反強磁性層との界面交換結合によって固定される、上記(6)に記載のヘッド。

(10) 前記検知強磁性層の磁化方向が、前記印加磁界がないときに前記検知面に対してほぼ平行である、上記(1)に記載のヘッド。

(11) 印加磁界がないときに前記検知強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に長手方向バイアスするバイアス強磁性層と、前記バイアス強磁性層と前記検知強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検知強磁性層から電気的に分離する電気絶縁層とをさらに含み、前記導電リードが前記絶縁層によって前記バイアス強磁性層から電気的に分離され、それによって前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間にセンス電流が通されるときにセンス電流が前記バイアス強磁性層内には通らずに前記トンネル障壁層をほぼ垂直に通る、上記(1)に記載のヘッド。

(12) 前記読取りヘッドが読取り／書込み統合ヘッドの一部であり、前記読取りヘッドが前記書込みヘッドから遮蔽され、前記基板が前記読取りヘッドの第1の遮蔽層である、上記(1)に記載のヘッド。

(13) 前記第1の遮蔽層上に形成された電気絶縁ギャップ材料の層をさらに含み、前記第1の導電リードが前記ギャップ材料の層上に形成された、上記(12)に記載のヘッド。

(14) 第2の基板をさらに含み、前記第1のリードと前記検知強磁性層と前記トンネル障壁層と前記第2のリードとが前記第1の基板と前記第2の基板との間に配置された層のスタックを形成し、前記スタックと前記第1および第2の基板との間と、前記ヘッドの前記検知面と前記固定強磁性層の前記後退した前面縁部との間の領域内とに配置された絶縁材料をさらに含む、上記(1)に記載のヘッド。

(15) 前記読取りヘッドが読取り／書込み統合ヘッドの一部であり、前記読取りヘッドが磁気的に遮蔽され、前記第2の基板が前記読取りヘッドを前記書込みヘッドから分離する第2の遮蔽層である、上記(14)に記載のヘッド。

(16) 前記第1および第2のリードに接続されたセン

ス回路をさらに含む、上記（１）に記載のヘッド。

（１７）前記基板が第１の導電磁気遮蔽層であり、前記第１のリードが前記第１の遮蔽層上に形成され、それによって前記第１の遮蔽層と前記第１のリードとの間に導電経路が形成される、上記（１）に記載のヘッド。

（１８）前記第２のリード上に形成された第２の導電磁気遮蔽層をさらに含み、それによって前記第１の遮蔽層から前記第１のリードに至り、前記トンネル遮蔽層を通して前記第２のリードと前記第２の遮蔽層とに至る導電経路が形成される、上記（１７）に記載のヘッド。

（１９）前記ヘッドが磁気記録ディスクからデータを検知するタイプのヘッドであり、前記ヘッドによって前記ディスクからデータが読み取られるときに前記ディスクの表面に面する空気軸受面（ＡＢＳ）と前記ＡＢＳに対してほぼ垂直の尾部端面とを有する空気軸受スライダをさらに含み、前記スライダ尾部端面がその上に第１の導電リードが形成される前記基板であり、前記スライダＡＢＳが前記ヘッドの検知面である、上記（１）に記載のヘッド。

（２０）磁気的に記録されたデータを検知するときに媒体の表面に対してほぼ平行に位置合わせされるほぼ平坦な検知面を有し、センス回路に接続されているときに媒体上に磁気的に記録されたデータを検知する磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッドであって、検知面の一部を形成する縁部を有する基板と、前記基板上に形成された第１の導電リードと、前記第１のリード上に形成され、前記検知面から後退した前面縁部と、前記前面縁部より前記検知面から遠くに配置された背面縁部とを有する固定強磁性層と、前記固定強磁性層と接触し、界面交換結合によって前記固定強磁性層の磁化方向を、前記媒体からの印加磁界が存在するときに回転が実施的に妨げられるように好ましい方向に沿って固定する、前記検知面から後退した前面縁部を有する反強磁性層と、前記検知面とほぼ同一平面上にある検知縁部と、背面縁部とを有し、検知強磁性層の磁化方向が、印加磁界がないときに前記強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直であって前記検知面に対してほぼ平行な方向に向けられ、前記媒体からの印加磁界が存在するときに自由に回転する検知強磁性層と、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間に前記固定磁性層と前記強磁性層と接触して配置され、前記固定強磁性層と前記検知強磁性層とに対してほぼ垂直の方向のトンネル電流を可能にする、前記検知面から後退した前面縁部と前記検知面から前記前面縁部よりも遠くに配置された背面縁部とを有する絶縁トンネル障壁層と、前記検知強磁性層上に形成された第２の導電リードとを含み、前記検知強磁性層の前記背面縁部が、前記トンネル障壁層の前記背面縁部が前記固定強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記トンネル障壁層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置され、前記固定強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障

壁層の前記背面縁部よりも前記検知面に近い場合は前記強磁性層の前記背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置される磁気トンネル接合磁気抵抗読取りヘッド。

（２１）前記トンネル障壁層の前記前面縁部が前記検知強磁性層の前記前面縁部よりも広い、上記（２０）に記載のヘッド。

（２２）前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前面縁部がほぼ同一平面上にある、上記（２０）に記載のヘッド。

（２３）前記反強磁性層、前記固定強磁性層、および前記トンネル障壁層の前記背面縁部がほぼ同一平面上にある、上記（２０）に記載のヘッド。

（２４）前記トンネル障壁層の背面縁部と前記固定強磁性層の前記背面縁部とがほぼ同一平面上にあり、前記検知強磁性層の前記背面縁部が前記トンネル障壁層および前記強磁性層の前記同一平面の背面縁部よりも前記検知面から遠くに配置された、上記（２０）に記載のヘッド。

（２５）前記第１の導電リードが前記基板上に直接形成され、前記反強磁性層が前記第１の導電リードと前記固定強磁性層との間に配置され、前記固定強磁性層が前記反強磁性層上に直接、接触して形成された、上記（２０）に記載のヘッド。

（２６）印加磁界がないときに前記検知強磁性層の磁化方向を前記固定強磁性層の磁化方向に対してほぼ垂直の方向に長手方向バイアスするバイアス強磁性層と、前記バイアス強磁性層と前記検知強磁性層との間に配置され、前記バイアス強磁性層を前記検知強磁性層から電気的に分離する電気絶縁層とをさらに含み、前記導電リードが前記絶縁層によって前記バイアス強磁性層から電気的に分離され、それによって前記固定強磁性層と前記検知強磁性層との間にセンス電流が通されるときにセンス電流が前記バイアス強磁性層内には通らずに前記トンネル障壁層をほぼ垂直に通る、上記（２０）に記載のヘッド。

（２７）前記読取りヘッドが読取り／書き込み統合ヘッドの一部であり、前記読取りヘッドが磁気的に遮蔽され、前記基板が前記読取りヘッドの第１の遮蔽層である、上記（２０）に記載のヘッド。

（２８）前記第１の遮蔽層上に形成された電気絶縁ギャップ材料の層をさらに含み、前記第１の導電リードが前記ギャップ材料の層上に形成された、上記（２７）に記載のヘッド。

（２９）前記第１および第２のリードに接続されたセンス回路をさらに含む、上記（２０）に記載のヘッド。

（３０）前記基板が第１の導電磁気遮蔽層であり、前記第１のリードが前記第１の遮蔽層上に形成され、前記第２のリード上に形成された第２の導電磁気遮蔽層をさらに含み、それによって前記第１の遮蔽層から前記第１のリードに至り、前記トンネル遮蔽層を通して前記第２の

リードと前記第2の遮蔽層とに至る導電経路が形成される、上記(20)に記載のヘッド。

(31) 前記ヘッドが磁気記録ディスクからデータを検知するタイプのヘッドであり、前記ヘッドによって前記ディスクからデータが読み取られるときに前記ディスクの表面に面する空気軸受面(ABS)と前記ABSに対してほぼ垂直の尾部端面とを有する空気軸受スライダをさらに含み、前記スライダ尾部端面がその上に第1の導電リードが形成される前記基板であり、前記スライダABSが前記ヘッドの検知面である、上記(20)に記載のヘッド。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による埋込みMTJ MR読取りヘッドと共に使用する、従来の磁気記録ディスク・ドライブを示す略ブロック図である。

【図2】カバーを取り外した状態の図1のディスク・ドライブを示す上面図である。

【図3】本発明のMTJ MR読取りヘッドが配置されることになる場所を図示するために、遮蔽間に誘導書き込みヘッドに隣接して配置されたMR読取りヘッドを備えた従来の統合型誘導書き込みヘッド/MR読取りヘッドを示す縦断面図である。

【図4】本発明のMTJ MR読取りヘッドのトンネル接合部で切り取った断面図であり、トンネル接合部を通る垂直方向の電流を示す図である。

【図5】ヘッドの検知端部を基準にした様々な層の場所を示す、埋込みMTJ MR読取りヘッドの断面図である。

【図6】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図7】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図8】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図9】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図10】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図11】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの

製作ステップを示す図である。

【図12】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図13】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図14】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図15】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図16】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図17】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図18】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

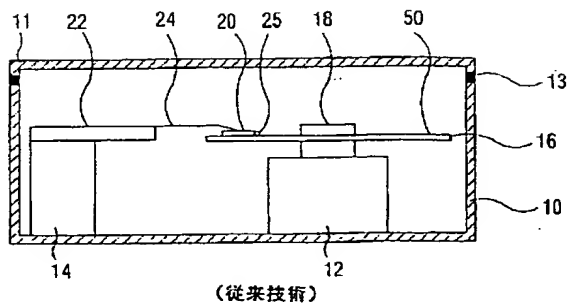
【図19】本発明の埋込みMTJ MR読取りヘッドの製作ステップを示す図である。

【図20】検知強磁性層前面縁部と長手バイアス強磁性層の縁部を示す検知面の図である。

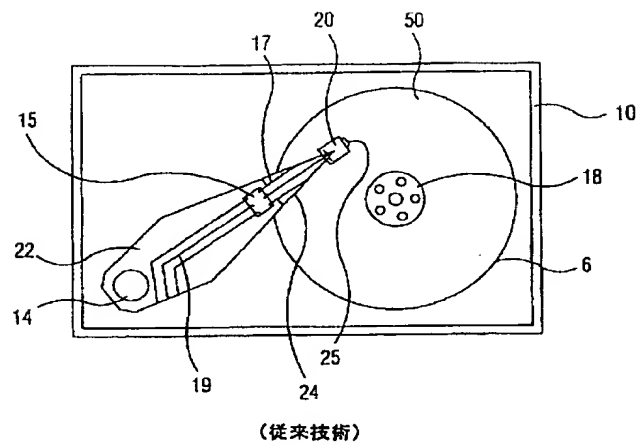
【符号の説明】

- 100 磁気トンネル接合
- 102 電気リード
- 104 電気リード
- 110 ベース電極層スタック
- 112 テンプレート層
- 116 反強磁性層
- 118 固定強磁性層
- 120 絶縁トンネル障壁層
- 132 検知強磁性層(自由強磁性層)
- 134 キャップ層
- 130 上部電極スタック
- 150 バイアス強磁性層
- 160 絶縁層
- 200 検知面
- 202 検知縁部
- 206 前面縁部
- 208 背面縁部
- 210 前面縁部
- 212 背面縁部

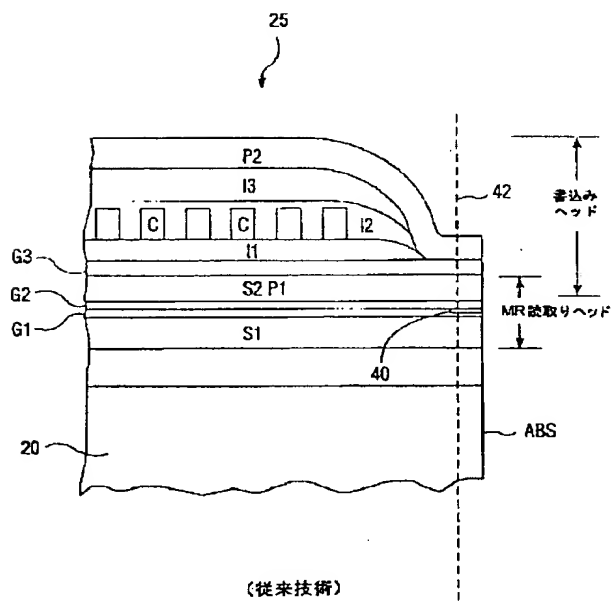
【図1】



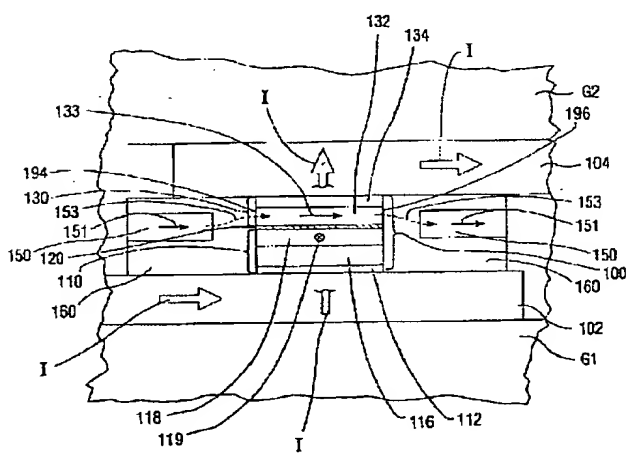
【図2】



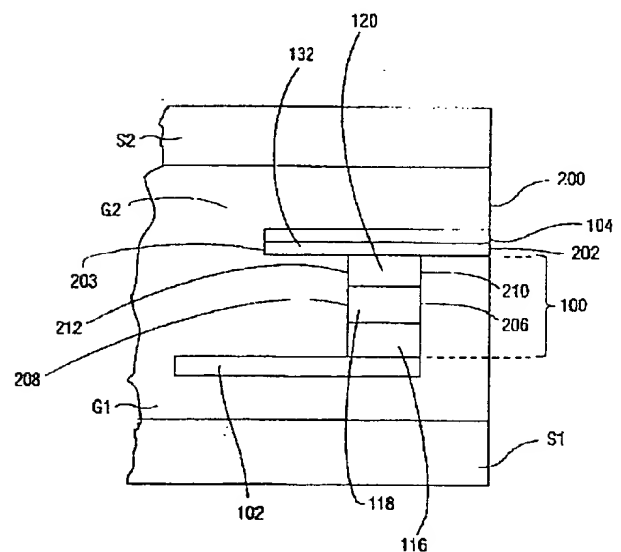
【図3】



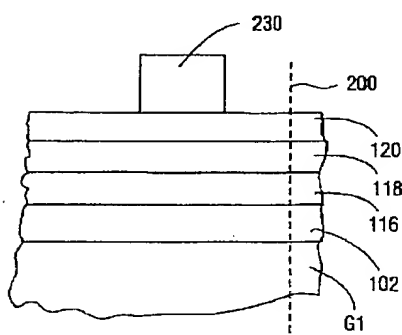
【図4】



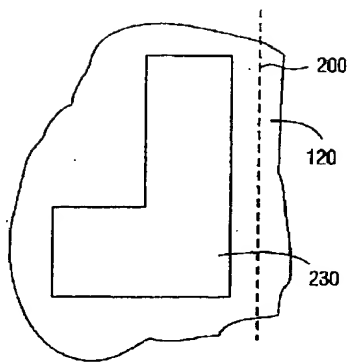
【図5】



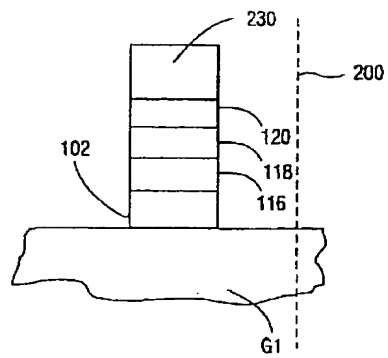
【図6】



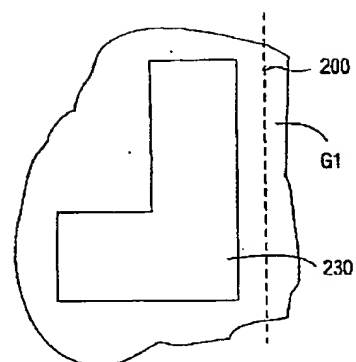
【図7】



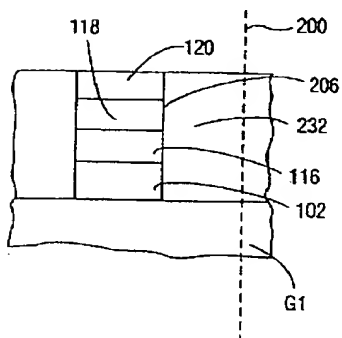
【図8】



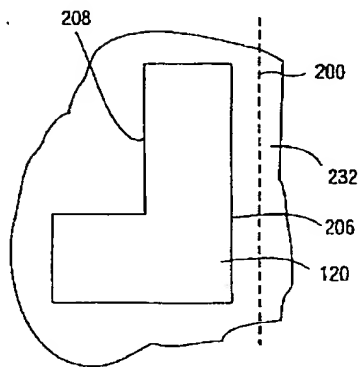
【図9】



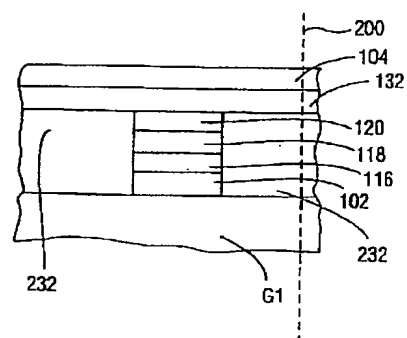
【図10】



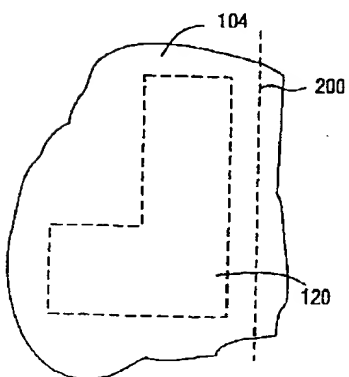
【図11】



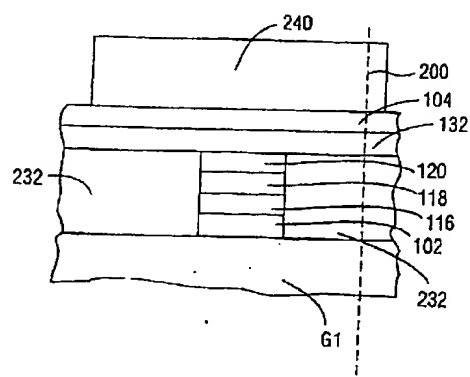
【図12】



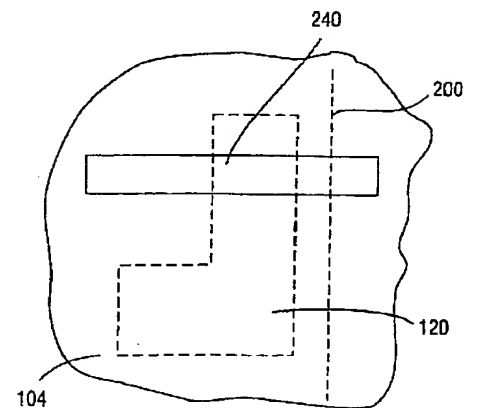
【図13】



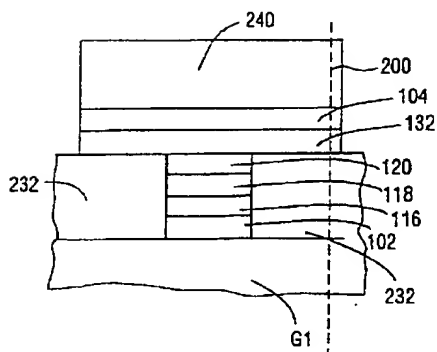
【図14】



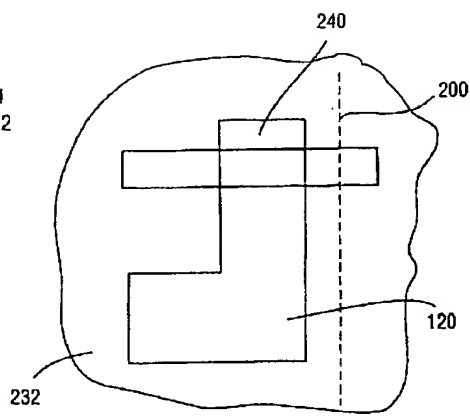
【図15】



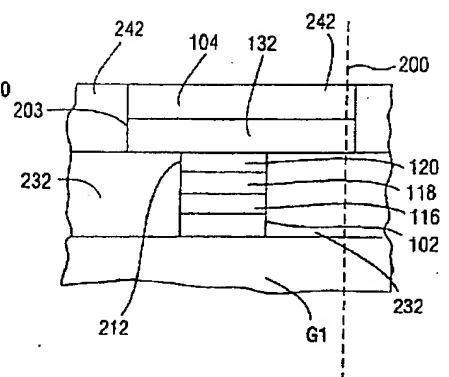
【図16】



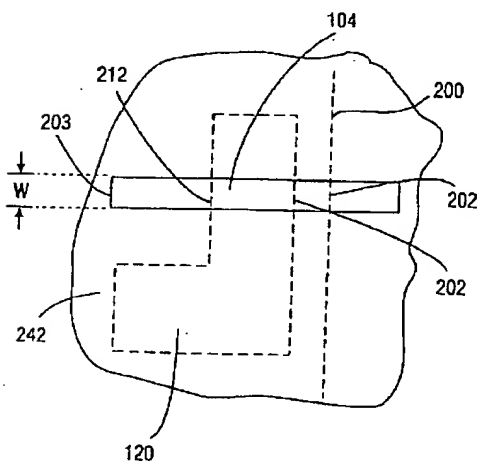
【図17】



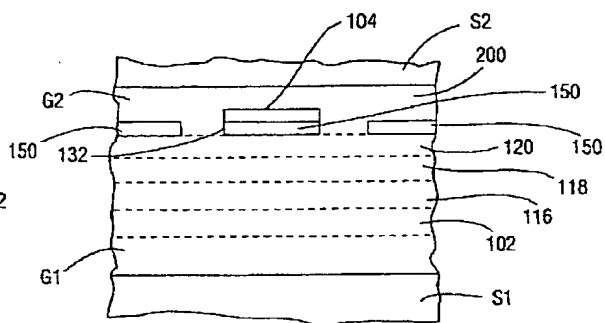
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(72) 発明者 スチュアート・スティーブン・パップワース・パーキン
アメリカ合衆国95123 カリフォルニア州
サンノゼ ロイヤル・オーク・コート
6264

(72) 発明者 チン・ホワン・ツァン
アメリカ合衆国94087 カリフォルニア州
サニーベール ヘレナ・ドライブ 882